

# Integrating Multiple Physiological Factors for Health Care of VDT Users

Shuo Liu<sup>1</sup>, Yuhong Qin<sup>2</sup>, Wei Ma<sup>1</sup>, Liyan Liang<sup>2</sup>, Lin Yang<sup>2</sup>, Jingbin Shi<sup>2</sup>, Ruijuan Yue<sup>2</sup>

<sup>1</sup>College of Computer Science, Beijing University of Technology, Beijing

<sup>2</sup>College of Life Science and Bio-Engineering, Beijing University of Technology, Beijing

Email: [lukeandshuo@sina.com](mailto:lukeandshuo@sina.com), [mawei@bjut.edu.cn](mailto:mawei@bjut.edu.cn)

Received: Apr. 11<sup>th</sup>, 2014; revised: May 5<sup>th</sup>, 2014; accepted: May 12<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Long-time use of VDTs (video display terminal) causes negative influences on users' health. The paper presents a user-adaptive health-care system. The system can give the VDT users' suggestions to rest after a period and present their fatigue states of every moment. The length of the period for a user is determined by the user's health index and his/her effective VDT using time. The health index is obtained by integrating multiple physiological factors, e.g. blood pressure and heart rate, of the user. Compared to other health-care systems, our system is more intelligent by adapting to different users. Besides, the system is capable of evaluating and quantifying the user's fatigue state in real time. The user knows well about his/her fatigue state at each moment. The evaluation and the real-time presentation of fatigue states are also highlights of our system. User studies demonstrate that the system is better than the other health-care systems in user experience, which makes it promising for practical applications.

## Keywords

Visual Display Terminal (VDT), Monitoring of Fatigue State, Fatigue State Evaluation

---

# 融合多因素的疲劳健康监测

刘 硕<sup>1</sup>, 秦雨鸿<sup>2</sup>, 马 伟<sup>1</sup>, 梁秉炎<sup>2</sup>, 杨 琳<sup>2</sup>, 施景彬<sup>2</sup>, 岳瑞娟<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北京工业大学计算机学院, 北京

<sup>2</sup>北京工业大学生命科学与生物工程学院, 北京

Email: [lukeandshuo@sina.com](mailto:lukeandshuo@sina.com), [mawei@bjut.edu.cn](mailto:mawei@bjut.edu.cn)

收稿日期：2014年4月11日；修回日期：2014年5月5日；录用日期：2014年5月12日

## 摘要

针对VDT (Video Display Terminal, 视屏显示终端)作业引发的一系列健康问题, 构建智能化疲劳健康检测系统。本系统利用多参数累计评分方法计算用户健康指数, 基于用户对计算机的有效操作时间及健康指数计算疲劳值, 用以智能化控制用户休息提示的时间间隔与评价用户疲劳状态。系统具备智能化疲劳休息提示, 基于用户生理信息及其参数变化趋势的健康评价等功能。用户通过系统可了解自身健康, 并在计算机操作过程中时常进行休息, 避免长时间VDT作业对身体造成伤害。用户调研结果显示, 本系统在功能体验上优于市场上同类别的健康系统, 在大众健康保健方面具有良好的应用前景。

## 关键词

视屏显示终端, 疲劳健康监测, 健康评价

## 1. 引言

随着视屏显示终端(Video Display Terminal, 简称 VDT)广泛用于生活、学习和工作等各个领域[1]。它给人们带来方便的同时也带来一系列的健康问题。越来越多的人由于长时间使用 VDT 而出现眼睛疲劳、头痛、视线模糊、恶心、肩酸及四肢、手指的关节麻木等症状, 出现上述至少一种表现, 即可认定为 VDT 综合征(美国眼科协会定义为计算机视觉综合征)[2]-[4]。VDT 作业诱发的身体不适一直困扰着相关作业者。据世界卫生组织的调查表明, 计算机工作人员视疲劳发生率为 10%~40%, 有的甚至可达 40%~92%; 经常连续击键的微机操作人员骨骼肌慢性损伤发生率达 10%以上[5] [6]。于此同时, VDT 也给人们来了一些经济问题。许多从业者抱怨由于 VDT 作业引发一系列眼部不适(如眼干、眼涩)、生理不适(心率上升)、心理不适(焦虑、受挫感)以及工作上错误率频发而导致财产和经济损失[7] [8]。因此, 针对性地采取措施预防、减轻 VDT 作业者的疲劳状况一直是 VDT 作业研究的重要内容之一。

目前, VDT 综合症的预防措施主要为选择高质量的显示设备, 积极参与户外运动等较为理论化的方法[9]。市场上主流的 VDT 危害预防系统中人机交互界面部分均较不友好, 且提示用户休息的时间间隔多为用户自行设定, 未参考用户实际健康、疲劳状态。为此我们设计智能化疲劳健康检测系统, 利用较为流行的扁平化风格设计该系统的人机交互界面, 提高用户体验。该系统使用 MFC 类库和 Visual C++ 提供的高度可视的应用程序开发工具, 可使应用程序开发变得更简单, 极大地缩短开发周期, 提高代码的可靠性和可重用性[10]-[12]。同时, 该系统综合用户对计算机的有效操作时间及用户的生理信息, 可实时分析用户中 VDT 作业的疲劳程度及健康状况, 适时的提醒用户休息, 有效预防长期 VDT 作业带来的危害。

## 2. 融合多因素的疲劳健康监测系统

系统结合用户输入信息、外部脉搏数据以及系统自测数据三方面对用户的身体情况进行实时监控。将用户输入信息对照基础健康评价的各项数据为用户进行健康测评, 针对每个用户的不同情况提出健康小贴士; 根据系统自测计算机有效使用时间计算用户的疲劳指数, 当检测到用户需要休息时做出休息提示。系统功能设如图 1 所示。

系统中涉及参数关系如图 2 所示。共反映给用户健康指数、疲劳值两项。其中健康指数由基础健康

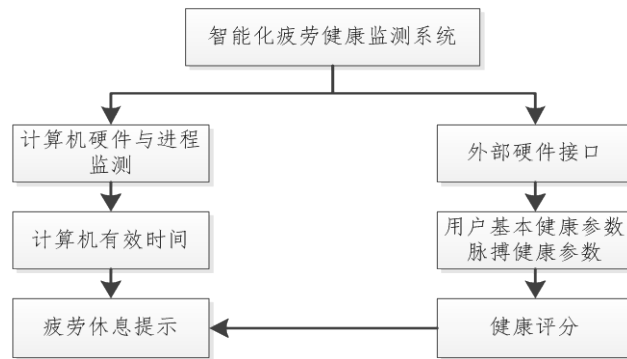


Figure 1. Diagram of the system function structure

图 1. 系统功能结构图

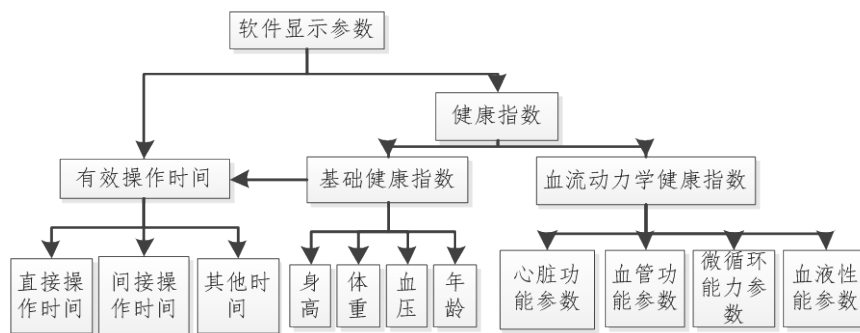


Figure 2. Diagram of the system parameters

图 2. 系统参数关系图

指数与血流动力学健康指数两部分得出，疲劳值由计算机有效操作时间得出。

## 2.1. 健康指数计算

通过查阅相关文献资料[13] [14]，系统基于心率、血压等常见参数的健康评价理论，采用多参数分析方法设计健康评价基本方法。

用户健康指数(H)根据系统设置指标的健康分值，乘以该指标的权重并累加得出：

$$H = \sum_{i=1}^m K_i \times Y_i \quad (1)$$

其中， $K_m$  为健康参数对应的用户健康分值。 $Y_m$  为个健康参数对应的权重，所有指标权重总和为 1。健康指数(H)最大值为 100。参数的来源分用户输入基础生理参数和血流动力学参数。

### 2.1.1. 用户输入基础生理参数权重表

基础生理参数包括身高、体重、腰围、血压、血糖等常见健康指标。用户可根据需求输入相应数值，输入信息越全面，系统评估越准确。本文以血压评分权重表 1 为例，参考中国高血压防治指南 2010 [15]，根据不同血压范围初步确定各参数的评分区间与权重。

### 2.1.2. 血流动力学参数权重表

血流动力学参数分：心脏功能参数、血管功能参数、微循环能力参数、血液性能参数。以上四类参数又分别包括心率、外周阻力、血流半更新率、血液粘度等参数[16]。此部分参数具有较强的专业性，需要通过系统读取外部存储的用户脉搏波波形数据获取。

## 2.2. 疲劳休息提示方法

智能化疲劳休息提示为系统核心功能。此部分算法分为有效操作时间的获取及计算、基于有效操作时间的疲劳评估与休息、数据回放与评价三项。

### 2.2.1. 有效操作时间计算

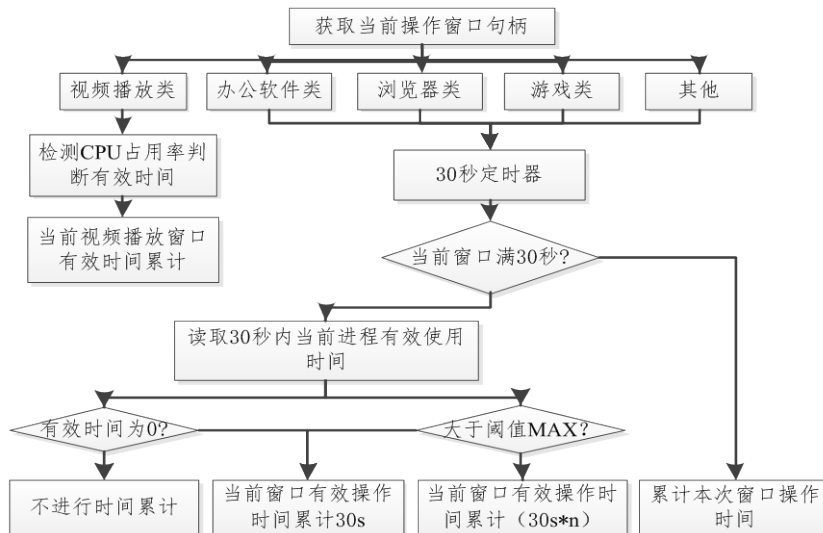
本系统提出利用有效操作时间对用户计算机操作频度进行衡量。有效操作时间(Ta)分为用户直接操作时间、间接操作时间及其他时间三部分。

#### 1) 时间累计方案

如图 3，系统通过调用 MFC 中的 API 函数 GetForegroundWindow()获取当前用户操作窗口句柄，然后根据该窗口句柄调用 GetWindowThreadProcessId()函数来获取当前操作窗口的进程句柄。根据当前窗口的进程句柄对用户正在操作的系统进行类别寻找。将软件初步分为五类：视频播放类、办公软件类、浏览器类、游戏类及其它。通过全局钩子(Hook)及对进程 CPU 占用量的监测，记录用户对不同软件的操作时间，具体算法将在下文说明。在软件类别数据库中搜索到当前正在操作的软件名称后，本系统将启动定时器，此定时器的设置目的是为了判断用户在当前窗口是否要进行长时间操作，定时器的时间值经综合考虑定为 30 秒，当用户在时间未满 30 秒就切换到其他窗口时，将直接把此部分操作时间累积到当前窗口的有效操作时间。当记录满 30 秒用户仍继续操作时，系统将读取全局钩子函数(Hook)中所记录的时间

**Table 1.** Table for weight evaluation on blood pressure  
**表 1.** 血压评分权重表

| 参考逻辑值或参数范围          | 项目分 | 权重   |
|---------------------|-----|------|
| 60~90/40~60 mmHg    | 50  |      |
| 90~120/60~80 mmHg   | 100 |      |
| 120~139/80~89 mmHg  | 75  | 0.15 |
| 140~159/90~109 mmHg | 50  |      |
| 160 以上/110~150 mmHg | 25  |      |



**Figure 3.** Flow chart for the acquisition and calculation of operation time  
**图 3.** 分类进程操作时间的获取与计算

户在前 30 秒中的直接操作时间,判断直接操作时间为 0 时,不做时间累计;当直接操作时间小于设定阈值时,当前窗口的有效操作时间在原有基础上累计 30 秒;当大于阈值时,在原有基础上累计 30 秒乘以修正系数。经实测,此处修正系数取 1.05 相对适当。此外,视频播放类程序较为特殊,一旦检测到当前操作软件属于视频播放类且该软件处于播放状态,则相应播放器进程的使用时间将做累加。

由此,系统可实现对不同进程操作时间的准确记录,通过订立不同类别进程的疲劳权重,将各部分时间乘以权重累计求和即可得出有效计算机操作时间。

## 2) 时间获取方法

系统采用设置全局钩子(Hook)可检测用户对鼠标及键盘的操作。在全局钩子的动态链接库(dynamic-link library)中设置两个 SetWindowsHookEx()API 来分别截取计算机鼠标和键盘的响应消息。并设置相应的钩子函数用于处理响应消息,设置阈值为 2 s,记录两次获取的鼠标或键盘消息的时间差。当时间差小于阈值,即可用该时间差作为操作时间,即当用户操作较为频繁时,操作时间可持续累加。当时间差大于阈值时,以该阈值作为操作时间,即不对用户未操作的时间进行累加。以此来对用户直接操作计算机的时间进行记录。结合上文对当前操作窗口所属进程的捕捉,可实现对不同进程直接操作时间的记录。

用户除直接操作计算机外,可能会有部分间接操作即视频播放操作。在这种情况下,用户通常对鼠标及键盘的操作频率较低。此部分,系统根据当前操作的播放器所属的进程句柄来调用 GetProcessTimes() API 函数,计算进程的 CPU 占用量,订立阈值,当该播放器所属进程的 CPU 占用量大于该阈值时,即认定为该播放器处于播放状态,此时对播放器在此状态下的时间进行累计。

### 2.2.2. 疲劳曲线与休息

如图 4,系统引入疲劳值( $F$ )的概念,疲劳值为休息结束后的累计有效操作时间与当次惩罚值的乘积除以归一化健康指数( $H$ )(公式 2)。通过订立阈值设置休息提示触发条件,当疲劳值或累计未休息时间满足阈值时触发休息条件。休息开始后,将记录用户休息时间,休息结束后,得出下次惩罚值  $P$ (公式 3)。

$$F = Ta \times P \times 100 \div H \quad (2)$$

$$P = \lg(10 \text{ min} \div Tr) + 1 \quad (3)$$

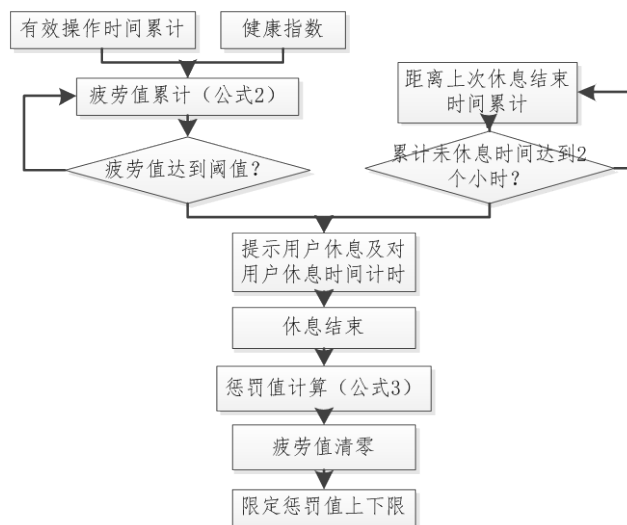


Figure 4. Flow chart for the algorithm of the accumulated fatigue states and the period of prompt

图 4. 疲劳累加及休息提示算法流程图

公式(2)中的  $T_a$  为上次休息结束后的累计有效操作时间，公式(3)中的  $T_r$  为用户本次休息时间。当休息时间小于 10 分钟时， $P$  值大于 1，下次疲劳值累计加快。休息时间超过 10 分钟时， $P$  值小于 1，下次疲劳值累计将减慢。此外，限制惩罚值下限为 0.4，上限为 3，确保提示算法在用户接受范围内。通过此独创算法，可实现智能化的疲劳休息提示功能。

2.2.3. 系统数据回放趋势图

系统设计有用户数据储存与趋势图绘制功能，给用户以不同参数的趋势分析，初步提出用户健康管理概念。首先设置定时器，每 30 分钟对用户的数据进行一次采集，并加入当时的具体时间作为一个记录存入数据库，如图 5 所示。

综合疲劳指数  $F_a$  计算方法如下：

$$F_a = (100 \div H) \times (\sum T_a \times n) \div (\sum T_a \times k) \tag{4}$$

其中， $n$  为用户当日累计休息次数， $k$  为归一化系数。在算法中综合疲劳指数最高累计至 100，经实测归一化系数定为 1.2，用户在使用过程中，综合疲劳指数与当日操作时间成正比，与平均单次休息时间成反比，直观反映用户疲劳程度。

在交互界面中，根据用户不同时间与欲查看参数的选择使用 ADO 接口来调用数据库，读取满足相应条件的数据，根据相应数据绘制出折线图。通过统计学算法设计，实现基于不用折线图趋势的评价语显示，如图 6 所示。其中在当天图形绘制中显示每 30 min 的参数变化，在多天图形绘制中，系统将提取这些天的所有参数，分别统计每天的参数计算出当天的所有参数各自的平均值，并将其绘制。

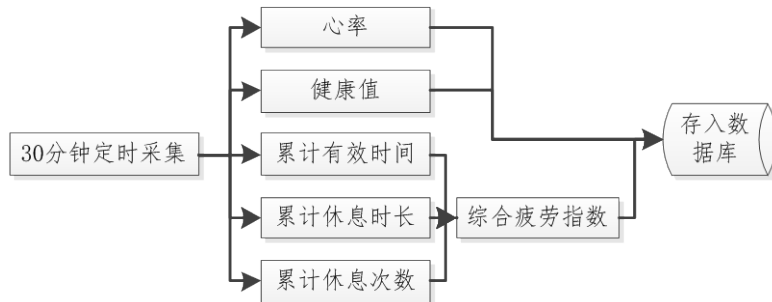


Figure 5. Diagram for storage of the system parameters  
图 5. 定时记录系统测量参数

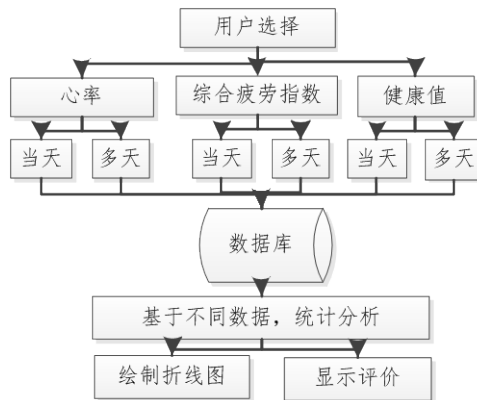


Figure 6. Flow chart for the algorithm of displaying data and evaluation for users  
图 6. 根据不同选择绘制折线显示评价

### 3. 系统评估

本节首先对系统的使用进行说明，然后给出用户调研结果，并对结果进行解释与分析。

#### 3.1. 系统使用说明

为提高用户体验，系统界面设计方面均采用扁平化设计风格。扁平化设计是近期出现的一种新的界面设计风格，它去掉了阴影、渐变、透视等界面设计元素，崇尚简洁、平面化的呈现方式[17]。

系统包括登陆欢迎界面、数据浏览及评价界面、开始信息界面、个人信息界面、设置界面共四个界面，以及休息提示窗口、小悬浮窗口两个窗口。

系统核心功能为疲劳休息提示，基于用户生理信息的健康评价及针对用户参数变化趋势的调整建议。数据浏览及评价界面如图 7 所示。

在界面中可选择前后时间日期，可在中部框架内观察相应时间段个人参数的变化趋势。如果时间选为同一天，将显示同一天的参数变化趋势。界面上方设有心率平均值、健康值、综合疲劳指数等参数按钮，通过点击各按钮，可切换中部框架内相应数据变化趋势的显示。界面右方显示基于不同选择方式的评价信息，给予用户一定的提示。

图 7 侧栏为快速信息界面。在栏目下方，可对是否开启休息提示功能，悬浮窗是否开启，是否开机自动启动进行设置。栏目上方显示用户简单信息，通过按钮点击可进入个人信息编辑界面。

在系统测试阶段，通过对用户非法输入的提示排除用户在交互过程中的输入错误；通过多用户测试调试系统算法稳定性；通过多 PC 运行测试系统可移植性。

由于系统无法采集用户生理参数，需要手动输入。为之后能够扩大应用范围，系统设置有基于脉搏波提取与波形参数计算的算法计算模块，并具有串口通信功能，可实现实时接收外部生理信息采集设备传入 PC 的数据。在以后的应用中可将脉搏波采集硬件连接至 PC，通过对系统中串口参数的设置，实现软硬件对接，构建实时数据采集分析系统。

#### 3.2. 用户调研与结果分析

分别邀请 15~30 岁的年轻人；31~45 岁的中年人参与用户调研。调研对象要求日平均计算机使用时间不低于 3 小时。排除全身疾病(高血压、贫血、糖尿病、心功能不全)；精神病早期、心理疾病或病史；眼部器质疾病；斜视、屈光不正、青光眼家族史等疾病。



Figure 7. Interface for browsing data and user's information

图 7. 数据浏览及用户信息界面

为便于调研，以本文系统理论为基础建立了系统原型，调研采用 Win7 32 位系统，调研对象分别体验本文系统原型及两款同类系统(“小海健康提醒器”、“360 健康精灵”)。同类软件均采用定时休息功能，调研中的定时提醒设置为年轻 45 分钟，中年人 35 分钟，考虑用户需要一定时长的操作才能对休息提示效果得到验证，故设置体验时长为年轻人 100 分钟，中年人 80 分钟，并在体验完毕后填写用户调研反馈表。

项目针对此类健康软件的功能、交互性、界面设计等方面设计用户体验调查表。为确保用户体验评估的客观性，在用户体验完以上全部软件后，对各软件进行统一评估。

用户调研数据对比如图 8 所示。图 8 左侧三项为软件功能设计对比。由图 8 可看出：

1) 休息提示的间隔：本系统独有的有效操作评估系统得到了良好的反馈，大多数用户对本系统的提示间隔方式更为满意，反应能够在定时提示基础上进一步扩展个性化的提示功能。

2) 休息效果：在休息效果上本系统与其他软件基本持平，本系统在此处略有优势，表征用户比较认可本系统的保健功能。

3) 信息统计功能：本系统在信息统计方面评价相对较高。表征本系统在综合疲劳曲线与健康指数曲线的设计上具有一定的应用价值。

图 8 第四、五项为软件交互设计对比。从中可看出：

1) 界面设计：本系统界面设计用户评价较高，清新简明。但相对“健康精灵”有所不足。

2) 操作与个性化设置：在操作与个性化设置上本系统较另两款处于中间水平，但与“健康精灵”差距不大。

由图 8 第六项综合得分看出，本系统用户体验略高于“健康精灵”。且远高于“小海健康提醒器”。其中用户对本系统的建议多为稳定本系统的功能设计，并针对性的进行交互优化，弥补本系统交互性的不足。

#### 4. 总结与展望

本文提出和设计了一种基于用户生理信息及其参数变化趋势对用户进行智能化疲劳休息提示的系统。该系统中将用户生理信息与休息提示间隔控制相结合的思想具有独创性，可较好的预防 VDT 综合症。用户调研显示，本系统与目前市场上较为流行的几款类似软件相比，UI 设计友好，用户体验程度较高，功能设计新颖，休息提示的间隔较为合理，利于在计算机用户中的普及，在 VDT 综合征预防的相关领域具有较强的应用价值。

#### 基金项目

国家级大学生创新训练计划项目“具有疲劳性亚健康状态警示功能的脉搏波实时监测系统”(GJDC-2013-43)，北京工业大学博士启动基金(007000543113520)，国家自然科学基金(61003105)，北京工

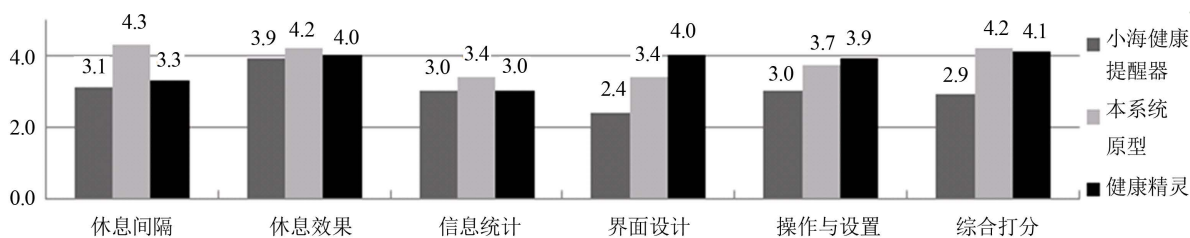


Figure 8. Diagram for data of the user study

图 8. 用户调研数据对比图(各项评分满分为 5 分，统计结果保留一位小数，四舍五入)



业大学日新人才计划项目(2014-RX-L06)资助。

## 参考文献 (References)

- [1] Hu, T. and Desai, J.P. (2004) Soft-tissue material properties under large deformation: strain rate effect. *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, San Francisco, 1-5 September 2004, 2758-2761.
- [2] 陈成明, 王慧, 周健, 等 (2013) VDT 视觉疲劳及其测量方法综述. *人类工效学*, **2**, 92-95.
- [3] 张爱华, 王业泰, 赵治月 (2010) 视屏显示终端视觉疲劳对脉搏信号的影响. *中国工业医学杂志*, **3**, 166-169.
- [4] 赵亮亮, 张恒东 (2012) 视屏显示终端作业对眼睛损伤及防护探讨. *中国职业医学*, **4**, 348-349.
- [5] Lapointe, J., Dionne, C.E., Brisson, C., et al. (2009) Interaction between postural risk factors and job strain on self-reported musculoskeletal symptoms among users of video display units: A three-year prospective study. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, **35**, 134-144.
- [6] Pillastrini, P., Mugnai, R., Bertozzi, L., et al. (2010) Effectiveness of an ergonomic intervention on work-related posture and low back pain in video display terminal operators: A 3 year cross-over trial. *Applied Ergonomics*, **41**, 436-443.
- [7] Janwantanakul, P., Pensri, P., Jiamjarasrangsi, V., et al. (2008) Prevalence of self-reported musculoskeletal symptoms among office workers. *Occupational Medicine*, **58**, 436-438.
- [8] Mazloun, A., Kumashiro, M., Izumi, H. and Higuchi, Y. (2008) Quantitative overload: A source of stress in data-entry VDT work induced by time pressure and work difficulty. *Industrial Health*, **46**, 269-280.
- [9] 严从根 (2013) VDT 综合症: 大学教师的潜在杀手. *教育观察*, **7**, 42-44.
- [10] 梁普选 (2005) *Visual C++程序设计与实践*. 清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 北京.
- [11] 刘雄鹰 (2012) MFC 中显示数据控件手工编程绑定数据控件. *电脑与信息技术*, **4**, 49-51.
- [12] 仇巍, 邢建国 (2012) 基于 MFC 的产品结构树管理系统的实现. *中国制造业信息化*, **3**, 11-13.
- [13] 陈晓东, 陆永绥, 沈财成 (2011) *健康体检和常见疾病的检验结果解读*. 浙江大学出版社, 杭州.
- [14] 钱玲 (2008) *常用健康体检项目解析*. 现代出版社, 北京.
- [15] 中国高血压防治指南修订委员会 (2011) 中国高血压防治指南 2010. *中华高血压杂志*, **8**, 701-743.
- [16] 罗志昌 (2006) *脉搏波的工程分析与临床应用*. 科学出版社, 北京.
- [17] 张贝, 方卫宁 (2013) 扁平化风格界面设计的探讨. 2013 国际工业设计研讨会暨第十八届全国工业设计学术年会, 沈阳, 2013 年 10 月 12 日-14 日, 96-99.